

Forðafraeðistuðlar. Tengsl efnagreinds CO₂,
kalsíts og bundis vatns

Hjalti Franzson

Greinargerð HF-98-04

FORÐAFRÆÐISTUÐLAR TENGL EFNAGREINDS CO₂, KALSÍTS OG BUNDINS VATNS.

Hjalti Franzson

1. Inngangur

Nifteindamælingar eru gerðar í borholum, einkum á háhitasvæðum til að meta poruhluta í bergi. Mæld er endurkoma nifteinda sem sendar eru frá kildu í mælinum. Endurkoma nifteinda er háð vetni í berginu næst holuveggnum, og gefur á þann hátt vísbendingar um vatn í holrými, og að öllum líkindum einnig um það vatn sem bundið er í ummyndunarsteindum bergsins. Það vatnsmagn sem bundið er í ummyndun bergs hefur ekki verið athugað kerfisbundið hér á landi.

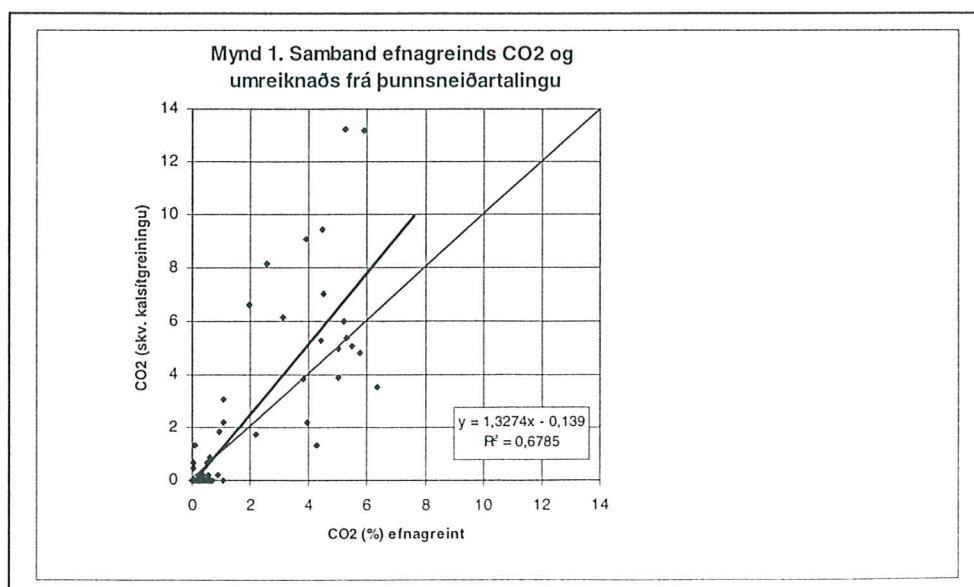
Efnagreiningar hafa verið gerðar í um helmingi sýnasafns froðufræðistuðlaverkefnisins. Einn þáttur í þeim efnagreiningum var mæling á glæðitapi. Glæðitap er mæling á rokgjörnum efnum í bergi, og er þar aðallega vatn, koldíoxíð, brennisteinn, flúor og klór. Þar sem klór og brennisteinn er tiltölulega lítill hluti bergsýnanna er vatn og koldíoxíð talinn ráðandi hluti glæðitapsins. Í efnagreiningum er vísað í töflur í skýrslu Hjalta Franzsonar o.fl. 1997, og greinargerðar Hjalta Franzsonar (1998)

Í skýrslu um rannsóknir á kjarna í borholu á Ölkelduhálsi (Hjalti Franzson og Helga Tulinius 1998, í útgáfu) kom fram visst misræmi í efnagreiningu á CO₂ í kjarnanum og mati á CO₂ á grundvelli talningar á kalsíti í þunnsneiðum úr sama kjarna. Talið var æskilegt að meta kalsít með þunnsneiðatalningu í fleiri þunnsneiðum úr kjörnum í kjarnasafni verkefnisins um forðufræðistuðla til þess að fá betri samanburð á milli efnagreinds CO₂ og mats á grundvelli þunnsneiðatalningar.

Í þessari greinargerð verður fjallað um samanburð á efnagreindu CO₂ og CO₂ metnu út frá þunnsneiðatalningu, síðan um þunnsneiðagreiningu sem varðar kalsít og lagt mat á hvaða óvissur eru helztar í slíku mati, og að lokum um bundið vatn í bergi.

2. Mat á kalsíti í þunnsneiðum

Samanburður á efnagreindu CO₂ og CO₂ metnu út frá þunnsneiðatalningu er sýndur á mynd 1. Ef fullt samræmi væri á milli CO₂-greiningaraðferða, að því gefnu að kjarnar séu eins, ættu sýnin að falla á miðlínuna, en því fer fjarri. Lína beztu fylgni er sýnd á myndinni og er fylgni sýna við þá línu um 0,7. Gagnapunktarnir sýna að CO₂ mælist ýmist meira í þunnsneiðum eða í efnagreiningum. Í heildina séð greinist þó meira CO₂ í þunnsneiðum en efnagreiningum.



MÁ EYRFLYTTA

Tafla 1. Talning á kalsíti í þunnisneiðum

Sýni nr.	Þunnsn. nr.	Punktur taldir	Kalsít %	Annað %	Aths.
G-1	15789	200	1	99	Stórir Kx.
G-2	15667	200	0	100	Smáir Kx í bergi, líka í spr./hf- sé ekkert cc
G-3	15668	200	16,5	83,5	Smáir Kx í bergi, líka í spr.
G-4	15669	200	0,5	99,5	Kx við plag. phen.
G-5	15790	200	5	88	Geysimikið prenit, Eitthvað af cc, e.t.v. síðkristöllun
G-6	15670	200	1	99	Kx við plag.phen, líka í grm?
G-7	15671	200	3	97	Kx í og við plag. phen.
G-8	15672	200	1	99	
G-9	15673	200	0	100	
G-10	15674	200	0	100	
G-11	15675	200	0	100	
G-12	15676	200	4,5	95,5	Móbre.
G-13	15677	200	8	92	Kx í bergi.
G-14	15678	200	0	100	
G-15	15679	200	0	100	
G-16	15680	200	3	97	Kx í sprungum.
G-17	15681	200	0	100	
G-18	15682	200	2	98	Kx smáir blettir.
G-19	15683	200	3	97	Kx í plag. phen.
G-20	15684	200	1	99	Kx í plag. phen.
G-21	15685	200	0	100	
G-22	15686	200	0	100	
G-25	15689	200	2	98	Set, gler?
G-26	15690	200	18,5	81,5	Kx holuf. í karga.
G-27	15691	200	35	65	Kx flekkir. Mjög mikil cc-ummyndun berginu
G-28	15692	200	15,50	84,5	Kx í blö. í brúnu gleri.CC-fyllingar hafa 10-20% af öðrum kristöllum í fyllingunu
G-29	15693	200	0	100	Kx í blö í brúnu gleri.
G-30	15694	200	8	92	Kx í blö. og grm.
G-31	15695	200	16	84	Kx í blö, plag.phen og grm.
G-32	15696	200	1	99	Kx rendur í plag.phen.
G-33	15697	200	0	100	
G-34	15698	200	0,5	99	Vottur Kx í holum.
G-35	15699	200	0	100	
G-36	15700	200	0,5	99	Vottur Kx í holum.
G-37	15701	200	0	100	
G-38	15702	200	0	100	
G-45	15708	200	8	92	Kx í plag.
G-46	15709	200	25	75	Mikið Kx í plag. Endurtalið af hf fékk 32%
G-57	15719	200	21,5	78,5	Kx í grm. og plag.phen.
G-60	15721	200	22	78	Kx í plag., holum og sprungum.
G-63		200	0	100	
G-68	15726	200	5	95	Kx í holum.
G-69	15727	200	1,5	98,5	Kx? Hár int.
H-3	15734	200	2,5	97,5	Kx og sphen?
H-5	15735	200	0	100	
H-9	15740	200	0	100	
H-10	15741	200	0	100	
H-11	15742	200	0	100	
H-13	15744	200	0	100	
H-14	15745	200	0	100	
H-17	15748	200	0	100	
H-18	15749	200	4,5	95,5	Kx við jaðar sneiðar.
H-20	15751	200	14,5	85,5	Kx í holum, grm. og sprungum.
H-21	15752	200	12	88	Kx í holum og grm.
H-22	15753	200	14,5	85,5	Kx í blö.
H-23	15754	200	14,5	85,5	Kx í plag.phen.
H-24	15755	200	0,5	99,5	Vottur Kx.

H-25	15756	200	2	98	Kx í blöðrum.
H-26	15757	200	0	100	
H-27	15758	200	0	100	
H-28	15759	200	0	100	
H-29	15760	200	0,5	99,5	
H-31	15761	200	0	100	
H-33	15764	200	17,5	82,5	Kx í bergi og holum.
H-34	15765	200	4	96	Kx í bergi.
H-36	15767	200	5,5	94,5	Kx í holum og etv. bergi?
H-37	15768	200	0,5	99,5	Vottur Kx í plag.phen.
H-40	15771	200	0	100	
H-41	15772	200	12	88	Kx í sprungum og holum.
H-42	15773	200	0	100	
H-43	15774	200	7	93	Kx í spr. plag., og e.t.v. grm.?
H-44	15776	200	10	90	Bre. Kx. í spr. og grm.?
H-45	15777	200	0	100	
H-46	15778	200	11	89	Kx í grm.
H-48	15780	200	11,5	88,5	Kx í grm.
H-49	15781	200	5	95	Kx í og við plag. phen.
H-50	15782	200	16,5	83,5	Kx í glufum.
H-51	15783	200	3	97	Kx í mjóum æðum.
H-53	15785	200	1	99	Smáir Kx bl. í grm. og plag.
H-54	15786	200	0	100	
H-55	15787	200	12,5	87,5	Kx í plag.
H-56	15788	200	11	89	Kx í glufum og plag.
H-57	15798	200	0	100	
H-58	15799	200	0	100	
H-59	15800	200	0	100	
H-60	15801	200	0	100	
H-61	15802	200	0,5	99,5	Kx í plag. mjóar rendur.
H-62	15803	200	0	100	
H-63	15804	200	0	100	
H-64	15805	200	0	100	
H-67	15808	200	4,5	95,5	Kx í glufum.
H-68	15809	200	0	100	
H-69	15810	200	0	100	
H-70	15811	200	0	100	
H-71	15812	200	0	100	
H-72	15813	200	0	100	
H-73	15814	200	0	100	
H-74	15815	200	0	100	
H-75	15816	200	0	100	
H-76	15817	200	0	100	
H-77	15818	200	0	100	
H-78	15819	200	0	100	
H-79	15820	200	0	100	
H-80	15821	200	0	100	
H-81	16031	200	0	100	
H-82	16032	200	0	100	
H-83	16033	200	0	100	
H-84	16034	200	0,5	99,5	Kx í glufu.
H-85	16035	200	0	100	Ljósar rákir, Kx?
H-86	16036	200	0	100	
H-87	16037	200	0	100	
H-88	16038	200	0	100	Ljósar rákir, Kx?
H-89	16039	200	0,5	99,5	Ljósar rákir, Kx?
H-90	16040	200	0	100	Ljósar rákir, Kx?
H-91	16041	200	27,5	72,5	Kx í grm. Lítið í plag.
H-92	16042	200	0	100	
H-93	16043	200	0	100	
H-94	16044	200	0	100	

P-95	16045	200	0	100	
H-96	16046	200	4	96	Ljósar rákir, Kx?
H-97	16047	200	1	99	Kx sést í grm. og plag.
H-98	16048	200	1,5	98,5	Kx sést í grm.
H-99	16049	200	0,5	99,5	Vottur Kx? Mjó rönd.
H-100	16050	200	5	97,5	Óhrein sneið.
H-101	16051	200	15	185	Kx í sprungum og glufum.
H-102	16052	200	16	84	Kx í sprungum og glufum.
H-103	16053	200	18,5	81,5	Stór hola m. Kx, spr. og glufur.
H-107	16057	200	2,5	97,5	Kx í holum.
R-1	15830	200			Vantar
R-2	15831	200	0	100	
R-3	15832	200	0	100	
R-4	15833	200	0	100	
R-5	15834	200	0	100	
R-6	15835	200	0	100	
R-7	15836	200	0	100	
R-8	15837	200	0	100	
R-11	15840	200	0	100	
R-12	15841	200	0	100	
R-13	15842	200	0	100	
R-14	15843	200			Vantar
R-15	15844	200	0	100	
R-16	15845	200	0	100	
R-17	15846	200	0	100	
R-18	15847	200	0	100	
R-19	15848	200	0	100	
R-20	15849	200	0	100	
R-21	15850	200	0	100	
R-22	15851	200	0	100	
R-23	15852	200	0	100	
R-24	15853	200	0	100	
R-25	15854	200	0	100	
R-26	15855	200	0	100	
R-27	15856	200	0	100	
R-28	15857	200	0	100	
R-29	15858	200	0	100	
HG-1	15859	200	0,5	99,5	Vottur kx.
HG-2	15860	200	0	100	
ÖJ1-1	16219	1000	8,5	91,5	
ÖJ1-1	16301	1000	1,9	98,1	
ÖJ1-2	16302	1000	3,1	96,5	
ÖJ1-3	16303	1000	0	100	
ÖJ1-5	16300	1000	2,5	97,5	
ÖJ1-5a	16220	1000	76,7	23,2	
ÖJ1-6	16222	1000	13,6	86,4	
ÖJ1-6.1	16417	1000	18	82	
ÖJ1-6.2	16418	1000	29,9	70,1	
ÖJ1-7	16221	1000	34,3	657	
ÖJ1-7.1	16419	1000	11,3	88,7	
ÖJ1-7.2	16420	1000	30,1	69,9	
ÖJ1-8	16421	1000	8,7	91,3	
ÖJ1-8.2	16422	1000	14	86	
ÖJ1-9.1	16423	1000	11,5	88,5	
ÖJ1-10.	16424	1000	13,6	86,4	
ÖJ1-10.	16425	1000	8,8	91,2	
ÖJ1-11.	16426	1000	12,2	87,8	
ÖJ1-11	16223	1000	9,5	90,5	
ÖJ1-11.	16427	1000	8,7	91,3	

Kx = kalsít kristallar = cc

Tafla 2. Mat á fráviki í tainingu kalsíts í þunnsteiðum.

Sýni	Taining Berg	Kalsít	Kalsít %	%CO ₂ (reikn)	Meðaltal CO ₂ % Standard deviation n Standard deviation n-	Mikið sphen í grunnmassa, líklegast er eitthvað af kalsíti í grunnmassa sem greinist illa. Bergið er einhæft, kalsítumyndun algeng í																
G-68	176 167 179 162 180	24 33 21 38 20	12 16,5 10,5 19 10	5,28 7,26 4,62 8,36 4,4	5,98 1,56 1,74	Kalsít mikið í blöðrum, en er einnig áberandi í mikrósprungum. Sphen algengt í grunnmassa.																
H-50	187 196 185 198 183 199 187 197	13 4 15 2 17 1 13 3	6,5 2 7,5 1 8,5 0,5 6,5 1,5	<table border="1"> <tr> <td>a</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>2,86 0,88 3,3 0,44 3,74 0,22 2,86 0,66</td> <td>1,87 1,87 1,98 1,76</td> </tr> </table>	a	b	2,86 0,88 3,3 0,44 3,74 0,22 2,86 0,66	1,87 1,87 1,98 1,76	<table border="1"> <tr> <td>Meðaltal a</td> <td>Meðaltal b</td> </tr> <tr> <td>Standard deviation n</td> <td>Standard deviation</td> </tr> <tr> <td>Standard deviation n-</td> <td>Standard deviation</td> </tr> <tr> <td>1,87</td> <td>1,87</td> </tr> <tr> <td>1,35</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>1,45</td> <td>0,09</td> </tr> </table>	Meðaltal a	Meðaltal b	Standard deviation n	Standard deviation	Standard deviation n-	Standard deviation	1,87	1,87	1,35	0,08	1,45	0,09	Sprungubelti í öðrum helmingi sneiðar, sem skýrir misræmi í tainingu. 200 punktar/helming sneiðar.
a	b																					
2,86 0,88 3,3 0,44 3,74 0,22 2,86 0,66	1,87 1,87 1,98 1,76																					
Meðaltal a	Meðaltal b																					
Standard deviation n	Standard deviation																					
Standard deviation n-	Standard deviation																					
1,87	1,87																					
1,35	0,08																					
1,45	0,09																					
H-91	153 157 162 162 159 159	47 43 38 38 41 41	23,5 21,5 19 19 20,5 20,5	10,34 9,46 8,36 8,36 9,02 9,02	9,09 0,68 0,74	Dólerít. Kalsít fremur jafndreift, og er ráðandi ummyndun á pýroxen en plagióklas íáttinn að miklu leyti í friði.																
H-98	198 198 199 199	2 2 1 1	1 1 0,5 0,5	0,44 0,44 0,22 0,22	0,33 0,11 0,13	Fjóruð kristöllum líklegast ólavin póleitt. Kalsít smátt og mögulega hefur eitthvað tapast í tainingu vegna smæðar.																
H-103	175 162 163 160	25 38 37 40	12,5 19 18,5 20	5,5 8,36 8,14 8,8	7,7 1,29 1,49	Mjög sprungið og að hluta til fyllt af kalsíti																

Taining í þunnsteiðum. Til að þekja tainingu á yfirborði þunnsteiðar voru taldir 2 x 200 punktar. Þar sem mismunur kom fram svo sem eins og í H-50 og að einhverju leyti í G-68 er greinileg misleitni í berginu, sem gæti sýnt breytileika í inódurkjörnum, og skýrir að hluta til það misræmi sem er í samanburði taliðs kalsíts og efnagreinds CO₂.

Kalsít er fremur auðgreind steind í þunnsneiðum, sérstaklega þegar stærð kristallanna er nægileg, en erfiðara að greina það í mjög smáum kristöllum. Í mikið ummynduðu bergi þar sem sphen er algengt, getur reynzt erfitt að greina milli þess og smárra kalsítkorna. Smásjárstækkun getur einnig haft áhrif á hve auðvelt er að greina í sundur steindir.

Í töflu 1 eru settar fram niðurstöður talningar á kalsíti í þunnsneiðum. Taldir voru 200 punktar í hverri sneið, og síðan gerð grein fyrir í athugasemdadálki við hvaða aðstæður kalsít fannst aðallega. Í sneiðum sem tilheyra kjarnanum á Ölkelduhálsi voru taldir 1000 punktar í hverri þunnsneið.

Magn kalsíts er, eins og sést á töflunni, mjög breytilegt, og er frá engu upp í 35 % af berginu. Gerð var könnun á óvissu í talningu í 6 þunnsneiðum, og eru niðurstöður sýndar í töflu 2. Í talningunni voru taldir 2 x 200 punktar til að þekja sneiðina, og var það meðal annars gert til að fá lauslegt mat á misleitni í berginu m.t.t. kalsíts. Í sýnum G-19, H-91, H-98 og H-103, er samræmi nokkuð gott bæði á milli helminga hverrar sneiðar sem og á milli talninga. Í sneiðum G-68 og sérstaklega í H-50 kom fram misræmi í talningu á milli helminga hverrar sneiðar. Í þeirri fyrrnefndu reyndist kalsít í öðrum helmingi sneiðar vera 10-12% en í hinum helmingi sneiðarinnar voru gildin 16-19%. Í H-50 var misleitnin enn meiri eða 0.5-2% í öðrum helmingi til 6.5-8.5% í hinum helmingi sneiðarinnar. Samkvæmni í talningunni er þokkaleg eins og frávíksmörk gefa til kynna (sbr. töflu 2). Samanburður þessarar talningar við talningu kalsíts í sömu sýnum í töflu 1 gefur vísbendingar um mun á milli greinenda. Sá munur virðist vera svipaður og á milli greininga í töflu 2.

Tafla 3. Lauslegur samanburður á milli kjarnabúta, þunnsneiðagreiningar og efnagreininga.

<u>G-26</u>	Af samanburði á kjarnabútum má greina að sá bútur sem þunnsneiðin er tekin úr hefur mun meira af hvítum (kalsít) holufyllingum. Ætla má að þunnsneiða-talningin geti haft mun meira af kalsíti en sá hluti sem efnagreindur var.
<u>G-27</u>	Í þessari þunnsneið er kalsít ummyndun bergsins mjög áberandi. Aðeins er eftir einn kjarnabútur, sá sami og þunnsneiðin er tekin úr. Það hefur sýnt sig að þessi gerð af kalsítummyndun verður oft nærri kalsítríkum sprungum. Mögulegt er því að misvægi efnagreiningar og kalsítgreiningar geti legið í mismiklu magni kalsíts á milli einstakra kjarna.
<u>G-28</u>	Í þunnsneiðinni er kalsít algengasta steindin í blöðrum bergsins. Samanburður á kjarnabútum sýnir að þunnsneiðin er tekin í kjarna sem hefur mun meira af kalsít fyllingum en í hinum kjarnabútnum. Líkleg skýring er því sú að þunnsneiðin hafi mun meira magn af kalsíti en sá kjarnabútur sem sendur var í efnagreiningu.
<u>G-31</u>	Basalt breksía. Kalsít virðist mismikið í berginu, þar sem það virðist algengara sem bergumyndun í basaltmolunum, en minna í millimassanum á milli basaltkornanna. Líklegt er því að mismikið kalsít sé í einstökum kjörnum þessa sýnis.
<u>G-46</u>	Dólerít, líklegast algerlega ummyndað. Kalsít mjög algengt og virðist hafa ummyndað klínópýroxeninn (Ca-rík steind). CaO er líklegast að mestu í kalsítinu. Kalsítfylltar blöðrur mjög breytilegar á milli kjarna.
<u>G-60</u>	Dólerít, líklegast algerlega ummyndað. Kalsít er mjög algengt sem ummyndun á klínópýroxen. CaO er líklegast að miklu leyti í kalsítinu. Einstakir kjarnar virðast svipaðir.
<u>H-20</u>	Fínkorna þóleít. Í þunnsneiðinni eru æðar fylltar af kalsíti, og er kalsít bergumyndun áberandi við jaðra æðanna. Samanburður á 2 kjarnabútum sem til eru sýna að þunnsneiðin er tekin úr þeim hluta sem er mun sprungnari og því líklegast kalsítríkari en sá kjarni sem sendur var í efnagreiningu.
<u>H-23</u>	Ummyndað mjög blöðrótt basalt. Í þeim eina kjarna sem til er og þeim sama sem þunnsneiðin er tekin úr, er áberandi sprungusóna sem er kalsítrík. Kalsítið smitast út í þær blöðrur sem næstar eru sprungubeltinu. Ætla má því að mjög mismikið magn sé á kalsíti á milli þeirra kjarna sem teknir voru, og því möguleg skýring á misræmi efnagreinds CaO og kalsítgreiningar.

<u>H-48</u>	Ummyndað glertúff, sem er af basaltsamsetningu samkvæmt efnagreiningu. Ósamræmi virðist vera í feltlýsingu og þunnisneiðagreiningu. Kalsít er algengt í þunnisneiðinni, en er misdreift í berginu. Athugið að í sýnakassanum er blanda af túffi og plagíóklasdílóttu basalti.
<u>H-55</u>	Misræmi er í feltlýsingu og efnagreiningu þar sem sú fyrrnefnda kveður á um að sé súrt túff, en í efnagreiningu er samsetningin basalt. Kalsít er algengt.
<u>G-30</u>	Kalsít er í þorum í berginu, en aðeins sjást 2 sprungur sem fylltar eru kalsíti. Mögulega gætu fleiri sprungur hafa verið í efnagreinda kjarnanum sem hafði mun meira af CO ₂ . Kalsít virðist mjög misdreift innan þess eina kjarna sem eftir er.
<u>H-102</u>	Fínkorna þétt basalt. Áberandi sprungur fylltar af kalsíti. Kalsít er algengara en efnagreining segir til um. Magn kalsítfylltra þora er mjög mismikið á milli einstakra kjarna.
<u>H-103</u>	Þétt basalt. Í kjarnanum eru áberandi sprungur fylltar af kalsíti. Kalsít miklu algengara en efnagreining segir til um. Erfitt að greina mun á milli einstakra kjarna.
<u>H-100</u>	Kalsít sést í staka blöðrum, og 1 sprunga sést sem fyllt er kalsíti. Nokkuð gott samræmi á milli efnagreiningar og þunnisneiðagreiningar.
<u>G-68</u>	Kalsít fyllir blöðrur en kalsítfylltar sprungur fáar. Efnagreining gefur til kynna helmingi meira af kalsíti en þunnisneiðagreiningin. Í kjörnum er þoruhluti (kalsítfyllingar) breytilegur á milli einstakra kjarnabúta.
<u>G-19</u>	Mjög lítið finnst af kalsíti í þunnisneiðinni, en fimm sinnum meira greinist í efnagreiningunni.
<u>G-57</u>	Ein sprunga fyllt af kalsíti finnst í þunnisneiðinni, og grunnmassinn í þunnisneiðinni er mjög kalsítríkur. Einstakir kjarnar eru mjög missprungnir.

Lítið er vitað um mun á milli þess kjarna sem sendur var til efnagreiningar og þeirra sem eftir urðu. Til að reyna að gera sér grein fyrir mögulegum mun þar á milli var gerður lauslegur samanburður á nokkrum sýnum á milli þunnisneiðagreininga, efnagreininga og mun á milli einstakra kjarnabúta (tafla 3). Í heildina séð virðist sem misleitni innan kjarna og á milli einstakra kjarna geti í mörgum tilfellum skýrt áberandi mun efnagreinds CO₂ og kalsíts (CO₂) í þunnisneiðum. Þessi misleitni liggur aðallega í breytilegum fjölda þora, en ekki síður í fjölda sprungna.

Eins og getið er um hér að ofan er skýring á mun á milli greiningaraðferða líklegast af tvennum toga:

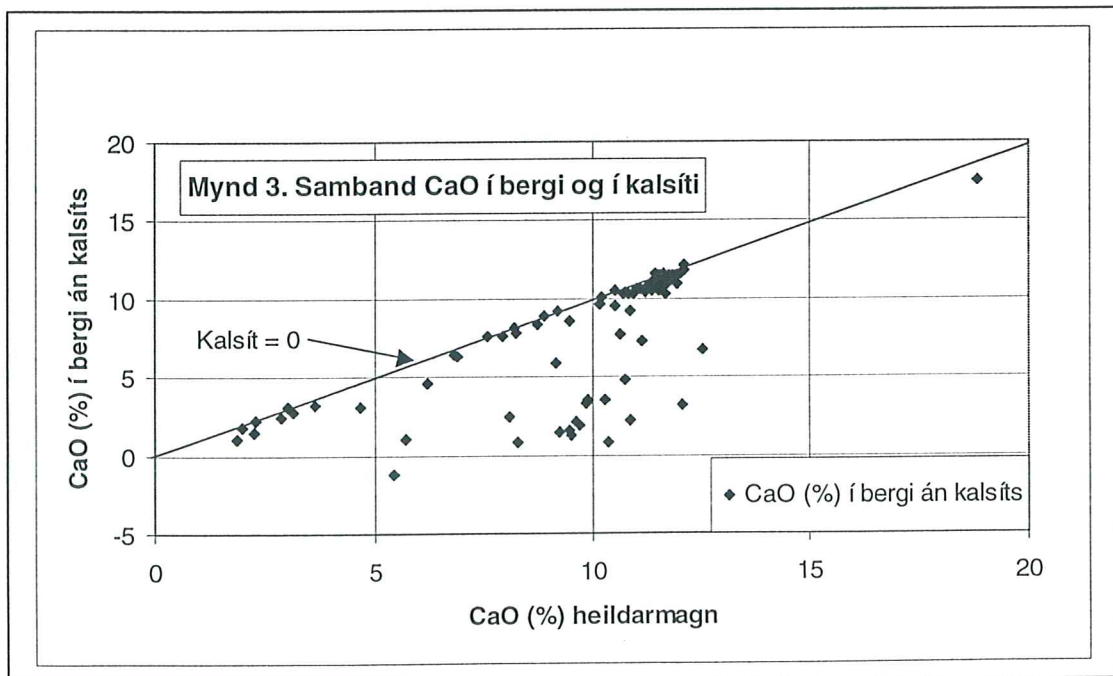
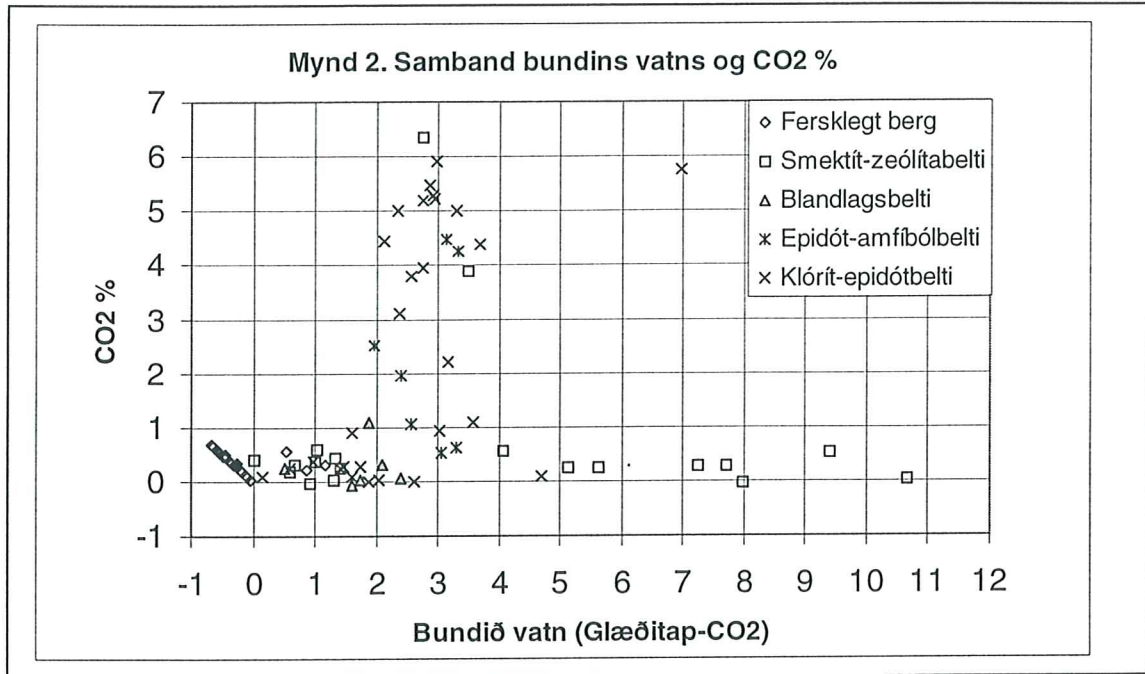
1. Misleitni milli einstakra kjarna í hverju sýni. Sérstaklega er talið að misleitnin sé meiri þar sem kalsít er algengast.
2. Lausleg endurskoðun á sýnum þar sem talning var gerð sýnir að munur á milli greinenda er lítill. Endurtekning á talningu í þunnisneið gefur óvissu upp á allt að 30%.

3. Samband efnagreinds CO₂ og bundins vatns (H₂O⁺)

Eins og getið var um í greinagerð um efnagreiningar (Hjalti Franzson 1998), var CO₂ greiningu bætt við í því sýnasafni sem sent var til McGill í lok síðasta árs. Var það gert aðallega til að fá betra innsýn í hve mikið vatn bindist í bergi við ummyndun. Nifteindamælingar í bergi meta þoruhluta þess í mælingu á fjölda vetnissameinda í berginu og holrými þess. Fróðlegt þótti að fá vitnezkju um hve stór hluti vetnis og þar með vatns gæti verið bundið í berginu sjálfu.

Í efnagreiningum er mælt svonefnt glæðitap (LOI = Loss Of Ignition), sem er heildarmagn rokkgjarnra efna í sýni. Þau tvö efni sem eru ráðandi eru CO₂ sem bundið er í kalsíti og vatn sem bundið er í ýmsum ummyndunarsteindum. Með því að mæla styrk CO₂ er mismunur þess og glæðitapsins bundið vatn. Á mynd 2 er sýnt samband CO₂ og bundins vatns, þar sem sýni hafa verið flokkuð eftir ummyndunarbeltum. Myndin sýnir fróðlega dreifingu eftir ummyndun. Í bergsýnum sem tilheyra smektít-zeólítabeltinu er áberandi hluti þeirra sem hefur hærra en 4%

bundins vatns. Athugun á því hvaða sýni þetta voru, leiddi í ljós, að flest þeirra voru súrt/ísúrt móberg úr námum Sementsverksmiðjunnar í Hvalfirði. Bergsýni, sem tekin voru úr epidót-amfíbólbeltinu og stór hluti sýna úr klórít-epidót beltinu sýna hátt magn bundins vatns ásamt háum CO₂ gildum, meðan flest sýnin í blandlags, smektít-zeólíta og fersklegu sýnunum sýna lág gildi í hvoru tveggja. Þau tvö sýni í smektíti-zeólítabeltinu sem sýna há gildi eru tekin við jaðra háhitakerfa, þar sem kalsít er frekar algengt. Gera þyrfti frekari úttekt á þessum breytistærðum með því að endurflokka sýnin með tilliti til magnumyndunar bergsýna, og hins vegar með skiptingu



sýnanna í hraunlög, innskot og breksíur (móberg).

Kalsít er blanda af tveimur efnaþáttum, annars vegar CaO (66% af steindinni) og hins vegar CO₂. Í upprunalegu bergi af basaltsamsetningu er CaO aðallega bundið í plagióklasa (c.15% af

steindinni), klínó-pyroxen (c.15%), og svo gleri þar sem berg hefur ekki náð að kristallast að fullu. Í ummynduðu bergi flyzt CaO yfir í ummyndunarsteindir, og er kalsít sú steind sem einna mest geymir CaO, þótt einnig sé það geymt að einhverju leyti í öðrum steindum svo sem amfíból (c.10% af steindinni), epidót (c. 25%), prenit (c. 30%), wollastónít (c. 50%) og zeólítar (c.10%). Í mörgum sýnum þar sem kalsít reyndist algengt var einnig algeng sjón að sjá kalsítummyndun í berginu sjálfu. Á mynd 3 eru sýnd áhrif kalsíts á CaO búskap bergsýnanna, þar sem á annan veginn er sýnt heildarmagn CaO í berginu, og á hinn veginn er sýnt magn CaO að frádregnu því sem bundið er í kalsíti. Ef ekkert kalsít væri í berginu féllu sýnin á miðlínuna (einingalínuna). Töluverður fjöldi sýna fellur fjarri þeirri línu og virðist kalsít í þeim tilvikum vera megin hýsill CaO. Samkvæmt mynd 2 ætti meiri hluti þeirra sýna að vera innan klórít-epidót og epidót-amfíból beltanna. Myndin tekur ekki afstöðu hvort það CaO sem greint er í berginu er upprunalegt magn þess efnis í viðkomandi kviku, eða hvort hluti þess sé aðfluttur.

4. Niðurstöður

- Samanburður á magni koldíoxíði (CO₂) metnu út frá efnagreiningu og þunnsneiðum sýnir fylgni sem er rétt um 0,7. Ástæða lélegrar fylgni er er talin að miklu leyti vera misleitni innan einstakra kjarna og á milli kjarna í sama sýnahóp.
- Bundið vatn í bergi er yfirleitt minna en 4% af heildarefnagreiningu bergs.
- Hátt CO₂ magn í bergsýnum er að jafnaði meira í sýnum innan klórít-epidót og epidót-amfíbólbelta en annarra ummyndunarbelta.

HEIMILDIR

Hjalti Franzson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Ásgrímur Guðmundsson og Elsa G. Vilmundardóttir 1997. Forðafræðistuðlar. Staða bergfræðirannsóknna í lok 1997. Áfangaskýrsla um samvinnuverk Hitaveitu Reykjavíkur og Orkustofnunar. OS-97077, 57s.

Hjalti Franzson 1998. Forðafræðistuðlar. Efnagreiningar á bergi 1997. 7s.

Hjalti Franzson og Helga Tulinius 1998. Ölkelduháls, hola ÖJ-1. Rannsóknir tengdar kjarna. Samvinnuverk Orkustofnunar og Hitaveitu Reykjavíkur. Í útgáfu.